

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-046177

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/02  
B23K 26/00  
H01S 3/00  
// B23K101:40

(21)Application number : 2001-232788

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.07.2001

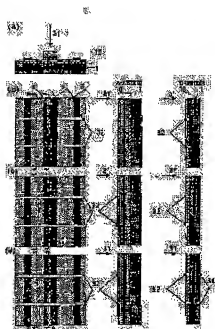
(72)Inventor : YAJIMA HIROYOSHI  
YAMANAKA KEIICHIRO  
KATO MAKOTO  
ISHIBASHI AKIHIKO

## (54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of manufacturing a semiconductor laser by which the manufacturing yield of the semiconductor laser can be improved by obtaining an optical resonator composed of a good cleavage plane without changing the characteristics of a compound semiconductor laminate by suppressing the occurrence of defects, such as cracking, chipping, etc., in a laser scribing method.

**SOLUTION:** Ultrashort pulsed laser light 31 is projected upon a laminated substrate composed of a single-crystal oxide substrate 1 and the compound semiconductor laminate 10 having a stripe-like light emitting region perpendicularly to the stripe of the laminate 10 from the laminate 10 side. The wavelength of the laser light 31 is transparent to the laminate 10 and substrate 1. Consequently, a semiconductor laser element in which such defects as cracking, chipping, etc., do not occur and the characteristics of the laminate 10 do not change can be obtained by scribing 32 and 34 the incident plane and the plane opposite to the incident plane and cleaving (not shown in the figure) the planes.



2/8

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-46177

(P2003-46177A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テ-33-ト\* (参考)

H 0 1 S 5/02

H 0 1 S 5/02

4 E 0 6 8

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

D 5 F 0 7 2

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

B 5 F 0 7 3

// B 2 3 K 101:40

B 2 3 K 101:40

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2001-232788(P2001-232788)

(71) 出願人

000005921

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(22) 出願日

平成13年7月31日 (2001.7.31)

(72) 発明者

矢島 浩義

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72) 発明者

山中 圭一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74) 代理人

100082692

弁理士 森合 正博 (外 1 名)

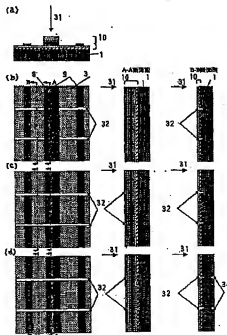
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザスクライプ法におけるクラックやチップング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに、良好な劈開面である光共振器を得て、ひいては製品歩留を向上せしめた、半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 超短パルスレーザ光 3 1 は、酸化物単結晶基板 1 とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物 1 0 からなる積層体基板に対して、化合物半導体積層物 1 0 側からストライプと垂直な方向に照射される。超短パルスレーザ光 3 1 の波長は、化合物半導体積層物 1 0 および酸化物単結晶基板 1 に対して透明な波長である。これにより入射面あるいは入射面とは反対面にスクライプ 3 2、3 4 を行ない、その後図示はしないが劈開することにより、クラックやチップング等の欠陥がなく、かつ化合物半導体積層物の特性変化がない、半導体レーザ素子が得られる。



FP03-0046-01  
99.9.01

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくとも前記ストライプと垂直な方向に、少なくとも前記酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザー光を照射して前記積層体基板にレーザスクライプを行い、前記レーザスクライプ痕に沿って前記積層体基板を劈開することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 前記超短パルスレーザ光は前記酸化物単結晶基板側より照射され、前記超短パルスレーザ光の入射面とは反対面である前記化合物半導体積層物層表面から前記レーザスクライプすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライプは、前記積層体基板内部のレーザスクライプであることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライプは、前記酸化物単結晶基板をスクライプする第1のレーザスクライプと、前記化合物半導体積層物と前記酸化物単結晶基板をまたいでスクライプする第2のレーザスクライプからなることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 前記超短パルスレーザ光の偏光方向は、前記レーザスクライプ方向に対して平行な直線偏光であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットは、前記レーザスクライプ方向と垂直な方向に比べて平行な方向に広いことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項7】 前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットの集光深度は、前記積層体基板の厚さ以下であることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 前記超短パルスレーザ光のパルス幅は10ピコ秒以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザの製造方法に関し、特に酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板において、良好な共振器を得るための半導体レーザ製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、酸化物単結晶基板とストライプ状

の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板を劈開するためのスクライプ方法としては、ダイヤモンドスクライプ、ダイシング、エッチング、レーザスクライプ等の方法が利用されている。このうち、ダイヤモンドスクライプは、ダイヤモンドポイントにより積層体基板の表裏に溝入れ加工を行い、その後ブリーキング用の刃を溝の一面に当接させた状態で刃に積層体基板方向の力を加えて劈開する方法である。ダイシングは、ダイヤモンドホイールを用いて積層体基板に溝入れ加工することで、積層体基板の劈開を行う方法である。エッチングは、例えばイオンミリング法のようなドライエッチング法により、エッチング材料と化合物半導体積層物を構成する材料との反応性を利用して、化合物半導体積層物に溝入れ加工を行い、積層体基板の劈開を行う方法である。レーザスクライプも、基本的にダイヤモンドスクライプと同じ方法であり、例えば遠赤外光である炭酸ガスレーザ光や紫外外光であるエキシマレーザ光や赤外光であるYAGレーザの3次あるいは4次高調波光を積層体基板に照射して積層体基板に溝入れ加工を行っていた。レーザ光を用いたレーザスクライプ法は、特開平10-321908号明細書に開示されている。

【0003】 以下、図6を参照して特開平10-321908号明細書に記載された窒化物系化合物半導体の分離方法について説明する。この方法では、予め窒化物系化合物半導体101が形成された半導体ウエハ100が準備されている。この半導体ウエハ100は、サファイア基板102上にGaNを低温で形成させたバッファ層が形成されている。順次、N型コンタクト層としてGaN、活性層としてノンドープのInGaN、P型クラッド層としてAlGaN、P型コンタクト層としてGaNを形成させた2インチ径の半導体ウエハ100である。なお、半導体には不示図の部分的なエッチングが施され、P型及びN型半導体がそれぞれ露出されている。露出された半導体表面には電極が形成されており分離後は発光素子として機能するように形成されている。また、レーザ照射される溝に沿って半導体接合部までエッチングされている(図6(a))。このような半導体ウエハ100をXYZステージ上に固定配置させる。エキシマレーザを照射させながら半導体ウエハ100をX軸及びY軸方向にそれぞれ移動させて縦横に第1の溝103を形成させる。形成された第1の溝103は、半導体表面側からサファイア基板の一部まで形成されており、開口部が市の約40μmの逆三角形形状である(図1(b))。次に、レーザ照射により形成された第1の溝にダイシングの刃を当て第1の溝に沿ってダイシングの刃を走らせ第2の溝104を形成させる(図1(c))。その後、第2の溝104に沿ってサファイア基板側からローラーにより圧力を加えて押し割ることにより、各半導体チップ105ごとに分離させる(図1(d))。これにより各半導体チップの外形が等しい半導体素子を形成するこ

とができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の技術のうちレーザスクライプ法では、基本的に酸化物単結晶基板と化合物半導体積層物に対して不透明で吸収のある波長であるレーザ光を使用して半導体を分離しており、以下のような問題があった。このレーザ光は、遠赤外光の炭酸ガスレーザ光や紫外光のエキシマレーザ光やYAGレーザの3次あるいは4次高調波光であり、その光波形が連続波あるいは数10ピコ秒以上の長いパルス波を照射させて、積層体基板に溝入れ加工を行っていた。この場合のレーザ光の吸収は、長波長側では材料のフォノン振動バンド以下の光振動数で起こり、短波長側では材料のエネルギーバンド以上のフォトンエネルギーで起こる。この現象は、レーザ光の材料入射表面近傍でのみ起こり、吸収された光エネルギーはピコ秒オーダーで材料の熱エネルギーに変換される。しかし、レーザ光の照射時間すなわち材料への熱注入時間は、積層体基板材料の熱拡散速度に比べて長い時間であるため、光エネルギーが吸収される集光スポット領域での温度上昇は熱拡散量との差分であり、集光スポット外への熱拡散は周囲の温度上昇を引き起こす。このため、集光スポット周囲にクラックやチッピング等の欠陥を発生させ、またこの温度上昇が化合物半導体積層物の特性を変化させることで、所望の光共振器となる劈開面を得ることが大変困難であり、半導体レーザの製品歩留が悪くなる問題があった。

【0005】本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、レーザスクライプ法におけるクラックやチッピング等の欠陥の発生を抑制し、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上させることのできる半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくともそのストライプと垂直な方向に、少なくとも酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して積層体基板にレーザスクライプを行い、このレーザスクライプ痕に沿って積層体基板を劈開するようにしたものである。これにより、レーザスクライプによるクラックやチッピング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上させることができる。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有す

る化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくとも前記ストライプと垂直な方向に、少なくとも前記酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して前記積層体基板にレーザスクライプを行い、前記レーザスクライプ痕に沿って前記積層体基板を劈開することを特徴とする半導体レーザの製造方法であり、これによりクラックやチッピング等の欠陥のないスクライプが可能になり、かつスクライプ時の化合物半導体積層物の特性変化もないため、このスクライプ痕に沿って積層体基板を劈開することで、良好な劈開面である光共振器が得られ、製品歩留を向上することが可能になるという作用を有する。

【0008】本発明の請求項2に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光は前記酸化物単結晶基板側より照射され、前記超短パルスレーザ光の入射面とは反対面である前記化合物半導体積層物層表面から前記レーザスクライプすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりスクライプ時に発生飛散する除去物が化合物半導体積層物に再付着することによる半導体レーザの特性低下を防止することが可能になるという作用を有する。

【0009】本発明の請求項3に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライプは、前記積層体基板内部のレーザスクライプであることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりスクライプ時に発生する除去物の飛散をなくすることが可能になり、除去物の化合物半導体積層物への再付着することによる半導体レーザの特性低下を防止することが可能になるという作用を有する。

【0010】本発明の請求項4に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の照射による前記レーザスクライプは、前記酸化物単結晶基板をスクライプする第1のレーザスクライプと、前記化合物半導体積層物と前記酸化物単結晶基板をまたいでスクライプする第2のレーザスクライプからなることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板の劈開をする際の位置精度の向上ならびに酸化物単結晶基板の劈開性が向上するという作用を有する。

【0011】本発明の請求項5に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の偏光方向は、前記レーザスクライプ方向に対して平行な直線偏光であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板の劈開をする際の、位置精度の向上ならびに劈開面の品質向上が得られるという作用を有する。

【0012】本発明の請求項6に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットは、前記レーザスクライプ方向と垂直な方向に比べて平

行な方向に広いことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これによりレーザスクライプす際の加工速度の向上が図られ、生産性の向上が得られるという作用を有する。

【0013】本発明の請求項7に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の前記積層体基板への集光スポットの焦点深度は、前記積層体基板の厚さ以下であることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の半導体レーザの製造方法であり、これにより積層体基板厚さ方向の加工位置精度の向上が得られるという作用を有する。

【0014】本発明の請求項8に記載の発明は、前記超短パルスレーザ光の照射スポット外での熱拡散による温度上昇を低減させやすいという作用を有する。

【0015】以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。(実施の形態1) 図1は本発明の実施の形態1における積層体基板の構造を示す。図1(a)は積層体基板の断面図であり、1は酸化物半導体基板であり、例えばサファイア基板である。2はバッファ層、3はn型コンタクト層、4はn型クラッド層、5は活性層、6はp型クラッド層、7はp型コンタクト層、8はp側電極、9はn側電極であり、これら2から9により化合物半導体積層物10が構成される。化合物半導体積層物10は、図1(b)のようにストライプ形状の形状を有し、例えばGa<sub>0.5</sub>N、AlGa<sub>0.5</sub>N、Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Nなどの窒化物系III-V族化合物半導体からなり、またpn接合を含んでいる。

【0016】図1(b)は図1(a)の断面を有する積層体基板を、化合物半導体積層物10側から見た図である。この方向から見た場合、p側電極8とn側電極9、およびn側コンタクト層3が見え、p側電極8とn側電極9がストライプ形状の形状を成す。ストライプ形状と垂直な方向11aおよび11bに劈開用のスクライプを形成し、このスクライプに沿って劈開することで、少なくとも活性層5を中心として、n型クラッド層4、p型クラッド層6に良好な劈開面を形成して、両劈開面にフブリペロ型光共振器を形成する。その後、ストライプ形状と平行な方向12aおよび12bに劈開用のスクライプを形成し、このスクライプに沿って劈開することで半導体レーザ素子を得る。図1(a)は、得られた半導体レーザ素子をストライプ形状と垂直な方向11aあるいは11bの方向より見た断面図である。

【0017】化合物半導体積層物10として例示した窒化物系III-V族化合物半導体は六方晶の構造であり、これのc面に垂直な劈開性のある方向は(11-20)面あるいは(1-100)面である。また、酸化物半導体基板1である例示したサファイア基板も六方晶の構造であるが、強い劈開性を示す面が存在していない。北

50 化合物半導体積層物10は、例えばMOCVD法により酸化物半導体基板1の上に順次積層されて構造化される。例示した窒化物系III-V族化合物半導体からなる化合物半導体積層物10との格子定数整合性のため、酸化物半導体基板1は強い劈開性を有していないもののサファイア基板が選択される。この時、サファイア基板のc面上に化合物半導体積層物10の劈開性のある方向が、化合物半導体積層物10のストライプ形状と垂直な方向と一致するように構成される。

【0018】本実施の形態1で例示したサファイア基板である酸化物半導体基板1と、化合物半導体積層物10を構成する窒化物系III-V族化合物半導体は、非常に高いモース硬度を有する。このため、良好な劈開面を得るためのスクライプにも高い品質が要求され、接触方式であるダイヤモンドスクラバーやダイシングでは、スクライプの際に発生するクラックやチッピングが引き金となり、良好な劈開面が得られず半導体レーザ素子の製品歩留りや品質、寿命等の低下要因となっていた。一方、非接触方式であるレーザスクライピングでも、従来の基板に吸収のある波長での連続波照射や、ナノ秒以上の長いパルス波の照射では、照射領域以外への熱拡散により、温度上昇に起因するクラックやチッピングが引き金となり、良好な劈開面が得られなかった。また、クラックやチッピングは化合物半導体積層物10の後の温度上昇に起因する転移を増強する要因となり、化合物半導体10の特性を変化させ、品質や寿命の低下要因となる。

【0019】図2は超短パルスレーザによるレーザスクライプ装置の概略構成図である。21は超短パルスレーザ発振器、22はパルスエネルギー減衰器、23はレーザビーム変換器、24はレーザビーム集光装置、25は積層体基板、26は基板保持移動機構である。超短パルスレーザ発振器21は、被励起媒質が遷移金属イオンであるCr<sup>3+</sup>、Ti<sup>3+</sup>、Cr<sup>6+</sup>や、希土類イオンであるNd<sup>3+</sup>、Yb<sup>3+</sup>、Ho<sup>3+</sup>、Er<sup>3+</sup>を有する固体媒質であり、分岐補償素子を有するモータロック化された光共振器より発振される。この光共振器のパルス周波数は数10MHzであり、場合によってはレーザスクライプに十分なパルスエネルギーでないため、パルス伸張圧縮器を有した再生増幅器や多段増幅器によって増幅される。パルス波形は、s o c h波形であるため同一パルスエネルギーで比較した際、高いピーク光強度を有するパルスである。

【0020】超短パルスレーザ発振器21から発振された超短パルスレーザ光は、パルスエネルギー減衰器22で必要に応じてレーザスクライプに適したパルスエネルギーに減衰される。具体的には、例えば波長帯を複数枚組み合わせた機構により超短パルス光の偏光を利用して減衰される。さらに必要に応じてレーザビーム変換器23によって、超短パルスレーザ光の空間分布や偏光状態を変換する。具体的には、例えばレンズやレンズ群、マ

スクにより空間分布を変換し、例えば波長板により偏光状態を変換する。このようにして変換された超短パルスレーザ光 31 は、レーザビーム集光装置 24 により集光される。具体的には単レンズやレンズ群といった透過型や、球面あるいは放物面や非球面鏡といった反射型である。集光スポットサイズは、入射する超短パルスレーザ光の大きさと伝播時に発生する発散角と焦点距離で決まり、そのスポットサイズの伝播方向での広がり距離である焦点深度は、波長と集光スポットサイズ、あるいは焦点距離と波長と集光装置 24 への入射サイズで決まる。酸化物単結晶基板と化合物半導体積層物からなる積層体基板 25 は、基板保持移動機構 26 に保持されており、また基板保持移動機構 26 は、例えば XYZ ステージによる移動機構を備えている。以上により、超短パルスレーザ光 31 は積層体基板 25 に照射され、レーザスクライプを行う。

【0021】次に、超短パルスレーザ光の積層体基板 25 へのレーザスクライプ機構について説明する。超短パルスレーザ光の金属物質との相互作用は、金属物質中の自由電子により光エネルギーが吸収され、ピコ秒オーダーでフォノンとして放出され固体系へ移乗され、熱として金属物質の温度上昇になり、ある温度以上で気化と蒸発が始まり、スクライプできる。また、誘電体では価電子帯に束縛された束縛電子をピーク光強度に依存する多光子吸収過程によりイオン化して自由電子を生成し、金属物質と同様な過程によりスクライプできる。物質中での熱拡散距離は、熱伝導率、密度、熱容量によって求められる熱拡散係数とパルスレーザ光の照射時間によって決まる。すなわち、短いレーザパルス光であるほど周囲への熱拡散が抑制でき、好ましくは 10 ピコ秒以下である。先の多光子吸収過程は、そのピーク光強度に依存する現象である。すなわち、超短パルスレーザ光の波長に対して透明な材料でもスクライプが可能になる。また、透明な材料内部のみならず多光子吸収過程が起こり得る領域を形成すれば、透明材料内部にスクライプ可能になる。また、超短パルスレーザ光がガウス分布的な空間分布を有していれば、その多光子吸収過程が起こり得るピーク光強度の空間領域のみスクライプ可能となり、一般的な集光スポットサイズを表す  $e^{-2}$  幅や半値幅以下の微細なスクライプも可能である。以上により、超短パルスレーザ光によるレーザスクライプでは、熱拡散による周囲の温度上昇によるクラックやチップングのないスクライプが可能になり、かつ積層体基板 25 に透明な波長であれば表面のみならず任意の内部にレーザスクライプが可能である。これにより、良好な劈開面を得られるスクライプが達成できる。

【0022】図 3 は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプ方法の工程を示す図であり、(a) は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図であり、31 は超短パルスレーザ光である。(b)、

(c)、(d) の左端の図は超短パルスレーザ光 31 の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板の A-A 断面図、右端が B-B 断面図である。32 は超短パルスレーザ光 31 の入射面側レーザスクライプ、34 は超短パルスレーザ光 31 の入射面と反対面側のレーザスクライプである。

【0023】超短パルスレーザ光 31 は、積層体基板の化合物半導体積層物 10 側より照射される。超短パルスレーザ光 31 の波長は化合物半導体積層物 10 および酸化物単結晶基板 1 に対して透明な波長である。例えば、化合物半導体積層物 10 として窒化物化合物半導体である GaN の場合、短波長側の吸収端は 360 nm であり可視・近赤外光に対して透明である。また、酸化物単結晶基板であるサファイア基板の場合、短波長側の吸収端は 190 nm であり可視・近赤外光に対して透明である。

【0024】図 3 (b) では、A-A 断面を含むストライプ部を除いて、化合物半導体積層物 10 のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、B-B 断面図のように酸化物単結晶基板 1 に至るまでスクライプ 32 を行う。さらに、図 3 (c) では (b) のスクライプに加え、化合物半導体積層物 10 のストライプ部にそれと垂直な方向に、p 型コンタクト層 7 に至るまでスクライプ 32 を行う。図 3 (d) では (c) のスクライプに加え、化合物半導体積層物 10 のストライプ部に垂直な方向に、化合物半導体積層物 10 のストライプ部ならびに p 型コンタクト層 7 を除いた領域に、超短パルスレーザ光 31 の入射面とは反対面の酸化物単結晶基板 1 にスクライプ 34 を行う。スクライプの品質は図 3 (b) から (d) に差がないが、次の工程である劈開は図 3 (d)、(c)、(b) の順に少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ箇所ならびに積層体基板内のスクライプ箇所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基板 1 に対しては、その多光子吸収過程が実現可能なピーク光強度位置に合わせることで行う。

【0025】スクライプ 32、34 は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光 31 の偏光を直線偏光でスクライプ方向と一致するようにすると好ましい。さらに、超短パルスレーザ光 31 の空間分布をスクライプ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライプできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光 31 のパルス幅は 10 ピコ秒以下であることが望ましい。

【0026】化合物半導体積層物 10 の劈開性を示すのは、化合物半導体積層物 10 のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライプ 32、34 と平行である。スクライプ形成後、酸化物単結晶基板側（円形ローラーや刃物等）を当て、スクライプに応じた集中を与えることで劈開し、半導体レーザの光共振器面を得て

かつバー状に分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライプ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライプを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0027】(実施の形態2) 次に、本発明の実施の形態2について説明する。本実施の形態2は基本的には実施の形態1と同様なので、以下の説明では実施の形態1と異なる箇所についてのみ説明する。図4は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプの形態を示す図であり、(a)は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図であり、31は超短パルスレーザ光である。(b)、(c)、(d)の左端の図は超短パルスレーザ光31の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板のA-A断面図、右端がB-B断面図である。32は超短パルスレーザ光31の入射面側レーザスクライプ、33は積層体基板内のレーザスクライプ、34は超短パルスレーザ光31の入射面と反対面側のレーザスクライプである。超短パルスレーザ光31は、積層体基板の酸化物単結晶基板1側より照射される。超短パルスレーザ光31の波長は化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。

【0028】図4(b)では、A-A断面を含むストライプ部およびn側電極9を除いた、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、B-B断面図のように超短パルスレーザ光31の入射面と反対面である酸化物単結晶基板1にスクライプ34を行う。さらに、図4(c)では(b)のスクライプ32に加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、A-A断面を含むストライプ部およびn側電極9に、酸化物単結晶基板1とバッファ層2、n型コンタクト層3に内部スクライプ33を行う。図4(d)では、(c)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、超短パルスレーザ光31の入射面である酸化物単結晶基板1にスクライプ32を行う。スクライプの品質は図4(b)から(d)に差がないが、次の工程である劈開は図4(d)、(c)、(b)の順に少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ箇所ならびに積層体基板内のスクライプ箇所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基板1に対しては、その多光子吸収過程が実現可能なピーク光強度位置に合わせることで行う。

【0029】スクライプ32、33、34は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光31の偏光を直線偏光でスクライプ方向と一致するようにすると

好ましい。さらに、超短パルスレーザ光31の空間分布をスクライプ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライプできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光31のパルス幅は10ピコ秒以下であることが望ましい。

【0030】化合物半導体積層物10の劈開性を示す面は、化合物半導体積層物10のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライプ32、33、34と平行である。スクライプ形成後、酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開し、半導体レーザの光共振器面を得てかつバー状に分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライプ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライプを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物等を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0031】(実施の形態3) 次に、本発明の実施の形態3について説明する。本実施の形態3は基本的には実施の形態1と同様なので、以下の説明では実施の形態1と異なる箇所についてのみ説明する。図5は超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプの形態を示す図であり、(a)は超短パルスレーザ光の照射方向における積層体基板の断面図であり、31は超短パルスレーザ光である。(b)、(c)の左端の図は超短パルスレーザ光31の入射方向より見た積層体基板の平面図であり、中央が積層体基板のA-A断面図、右端がB-B断面図である。32は超短パルスレーザ光31の入射面側レーザスクライプ、33は積層体基板内のレーザスクライプ、34は超短パルスレーザ光31の入射面と反対面側のレーザスクライプである。超短パルスレーザ光31は、積層体基板の酸化物単結晶基板1側より照射される。超短パルスレーザ光31の波長は化合物半導体積層物10および酸化物単結晶基板1に対して透明な波長である。

【0032】図5(b)では、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向にスクライプを行い、A-A断面図およびB-B断面図のように、酸化物単結晶基板1とバッファ層2、n型コンタクト層3に内部スクライプ33を行う。図5(c)では、(b)のスクライプに加え、化合物半導体積層物10のストライプ部に垂直な方向に、超短パルスレーザ光31の入射面である酸化物単結晶基板1にスクライプ32を行う。スクライプの品質は図5(b)と(c)に差がないが、次の工程である劈開は図5(c)の方が少ない力で劈開可能となる。平面内のスクライプ箇所ならびに積層体基板内のスクライプ箇所は、積層体基板の移動による超短パルスレーザ光の集光スポット位置であり、誘電体材料である酸化物単結晶基板1に対しては、その多光子吸収過程が実現可能なピーク

く光強度位置に合わせることで行う。

【0033】スクライプ32、33、34は連続ではなく非連続でもよい。また、超短パルスレーザ光31の偏光を直線偏光でスクライプ方向と一致するようにすると好ましい。さらに、超短パルスレーザ光31の空間分布をスクライプ方向に楕円あるいは矩形にすることで、一度にスクライプできる領域が拡大し生産性が向上できる。また超短パルスレーザ光31のパルス幅は10ピコ秒以下であることが望ましい。

【0034】化合物半導体積層物10の劈開性を示す面は、化合物半導体積層物10のストライプ部と直角で超短パルスレーザの照射によるスクライプ32、33、34と平行である。スクライプ形成後、酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開し、半導体レーザの光共振器面を得てカッパースタックに分割する。その後、図示しないが化合物半導体積層物10のストライプと平行な方向に、望ましくは先の超短パルスレーザ光の照射によるスクライプ、あるいはダイヤモンドスクラバーやダイサーによりスクライプを行い、その後酸化物単結晶基板側に円形ローラーや刃物を当てて、スクライプに応力集中を与えることで劈開するか、ダイサーによる分割を行うことで半導体レーザ素子を作製する。

【0035】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、酸化物単結晶基板とストライプ状の発光領域を有する化合物半導体積層物からなる積層体基板に対して、少なくともストライプと垂直な方向に、少なくとも酸化物単結晶基板に対して透明な波長の超短パルスレーザ光を照射して積層体基板にレーザスクライプを行い、このレーザスクライプに沿って積層体基板を劈開するようにしたので、レーザスクライプによるクラックやチップング等の欠陥の発生が抑制され、化合物半導体積層物の特性を変化させずに良好な劈開面である光共振器を得ることができ、ひいては製品歩留を向上することができるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の実施の形態1、2、3における積層体基板の断面図

(b)は本発明の実施の形態1、2、3における積層体基板の平面図

【図2】本発明の実施の形態1、2、3における超短パルスレーザによるレーザスクライプ装置の概略構成図

【図3】本発明の実施の形態1における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプ方法の工程を示し、

(a)は積層体基板の断面図

(b)、(c)、(d)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図4】本発明の実施の形態2における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプ方法の工程を示し、

(a)は積層体基板の断面図

(b)、(c)、(d)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図5】本発明の実施の形態3における超短パルスレーザ光の照射によるレーザスクライプ方法の工程を示し、

(a)は積層体基板の断面図

(b)、(c)は平面図およびA-A断面図およびB-B断面図

【図6】(a)、(b)、(c)、(d)は従来例におけるレーザスクライプ方法の工程を示す化合物半導体の断面図

【符号の説明】

1 酸化物単結晶基板

2 パッパ層

3 n型コンタクト層

4 n型クラッド層

5 活性層

6 p型クラッド層

7 p型コンタクト層

8 p側電極

9 n側電極

10 化合物半導体積層物

11 ストライプ形状と垂直な方向

12 ストライプ形状と平行な方向

21 超短パルスレーザ発振器

22 パルスエネルギー減衰器

23 レーザビーム変換器

24 レーザビーム集光装置

25 積層体基板

26 基板保持移動機構

31 超短パルスレーザ光

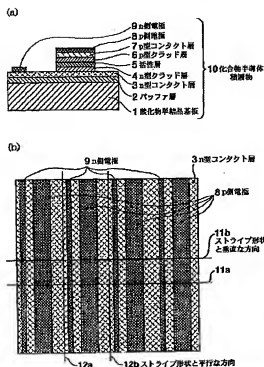
32 超短パルスレーザ光の入射面側レーザスクライプ

33 積層体基板内のレーザスクライプ

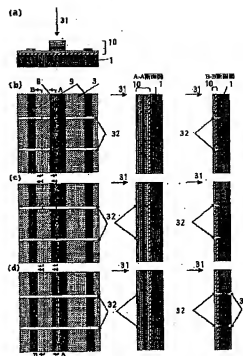
34 超短パルスレーザ光の入射面と反対面側のレーザスクライプ



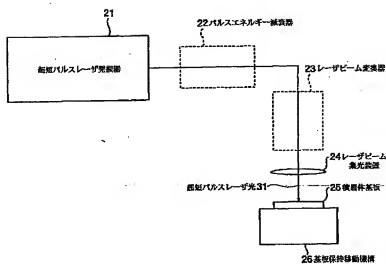
【図1】



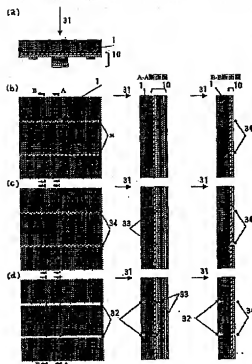
【図3】



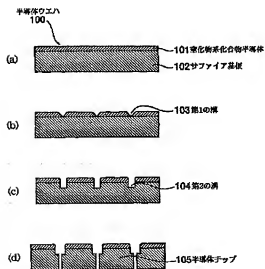
【図2】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 真  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 石橋 明彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 4E068 AD01 CA03 CA07 CB10 DA09

DA11

5F072 AB02 AB09 JJ20 MM08 MM09

RR01 RR03 SS08 YY06 YY08

5F073 CA02 CA07 CB05 DA32 DA34